COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 2 NOVEMBRE 1841.

PRÉSIDENCE DE M. SERRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réplique de* M. **Dutrochet** *à* M. Raffeneau-Delile, *au sujet de la respiration du* Nelumbium.

« Dans la dernière séance de l'Académie, M. Raffeneau-Delile a répondu à la réclamation de priorité que j'avais faite au sujet de ses expériences sur la respiration des feuilles du *Nelumbium*. L'extrême urbanité de cette réponse m'eût fait une loi de ne pas pousser plus loin mes réclamations, si l'intérêt de la science ne m'avait semblé exiger impérieusement leur continuation. Il s'agit ici, en effet, de l'une des questions les plus importantes de la physiologie végétale; il s'agit de la démonstration de ce fait, contraire à l'opinion reçue, que les végétaux respirent comme les animaux, en introduisant de l'air respirable dans leurs organes pneumatiques; avec cette différence, que les animaux empruntent à l'atmosphère l'oxygène qui sert à leur respiration, tandis que les végétaux puisent cet oxygène respiratoire dans la décomposition qu'ils opèrent de l'acide carbonique, sous l'influence de la lumière. Ils s'approprient le carbone qui coopère à leur nutrition, et l'oxygène dégagé à l'état de gaz est versé immédiatement dans leurs organes

pneumatiques; ce n'est que lorsque ceux-ci sont remplis avec excès que le surplus de l'oxygène dégagé est versé au dehors. De ces faits, sur la certitude desquels mes expériences ne me laissent point de doutes, se déduit cette conclusion, en apparence paradoxale, que les végétaux respirent l'oxygène qu'ils *sécrètent*, et qui est le résidu de leur nutrition; en sorte que se nourrir et respirer sont pour eux deux actes vitaux inséparables, ce qui n'a point lieu pour les animaux.

» M. Delile a été conduit, par ses expériences sur la respiration des feuilles du *Nelumbium*, à admettre que l'air qui sort de leurs organes pneumatiques, soit par les stomates, soit par des ouvertures artificielles, est puisé dans l'atmosphère et *aspiré par le velouté de la feuille*. Ici le végétal emprunterait son oxygène respiratoire à l'atmosphère, comme le font les animaux. Cependant M. Delile a observé qu'*à minuit les mêmes feuilles qui avaient été exhalantes, pendant le jour ne l'étaient plus*. Il ajoute ensuite : *A six heures du matin, comme le soleil ne donnait point encore sur les feuilles, elles n'étaient point exhalantes; elles le redevenaient pendant le reste de la journée. J'ai cependant observé quelquefois des feuilles qui absorbaient et exhalaient dans tous les temps et à toutes les heures.* (*Compte rendu* de la séance du 4 octobre, page 690.) Dans sa réponse du 25 octobre, M. Delile ajoute, en confirmation de sa dernière assertion que je viens de citer : *J'ai rencontré des feuilles qui, sur la plante vivante, exhalaient de l'air dans l'obscurité, à minuit.* Il semblerait résulter de ces observations que, bien que la lumière ait une influence certaine sur l'émission de l'air qui sort des organes pneumatiques de la feuille du *Nelumbium*, cette influence ne serait cependant pas indispensable pour que cette émission ait lieu, puisque dans certains cas, elle continue de s'opérer dans l'obscurité. Ce fait est un de ceux dont M. Delile invoque l'autorité pour prouver que l'air émis par le limbe ou par le pétiole blessé de la feuille du *Nelumbium* est emprunté à l'atmosphère. Ici il me paraît évident que M. Delile a été trompé par une cause d'erreur qu'il est impossible d'éviter en suivant le mode d'expérimentation qu'il a employé. Il faisait une blessure soit au pétiole, soit au limbe d'une feuille de *Nelumbium*, tenant à la plante enracinée qui croissait dans un bassin, et il observait la sortie de l'air par la blessure. Il dit, avec raison, que ce mode d'expérimentation est différent de celui que j'ai mis en usage. Je plongeais dans un bocal plein d'eau une feuille de *Nymphæa* possédant une partie de son pétiole coupé transversalement. L'extrémité coupée du pétiole étant dirigée en bas, j'observais, à cette extrémité inférieure, le dégagement de l'air par les ouvertures béantes

des tubes pneumatiques. Ce dégagement d'air n'avait lieu que pendant le jour, sous l'influence de la lumière; il cessait pendant la nuit. Cette expérience était faite à la lumière diffuse; je n'avais donc point à craindre une cause d'erreur à laquelle serait soumise une expérience semblable dans laquelle la feuille serait exposée aux rayons du soleil, car alors la chaleur de ces rayons dilaterait l'air contenu dans les organes pneumatiques de la feuille et en occasionnerait l'émission que l'on ne pourrait ainsi rapporter avec certitude à une cause physiologique. Dans mon mode d'expérimentation la partie inférieure tronquée du pétiole étant dirigée en bas, l'eau ne pouvait s'introduire dans les tubes pneumatiques ouverts et en expulser l'air, ce qui aurait été une autre cause d'erreur. Or ces causes d'erreur se trouvent dans le mode d'expérimentation qui a été mis en usage par M. Delile. Les ouvertures qu'il faisait soit au pétiole, soit au limbe de la feuille du *Nelumbium* tenant à la plante enracinée, ne pouvaient faire voir l'air qu'elles émettaient qu'autant qu'elles étaient recouvertes d'eau; or cette eau devait nécessairement tendre à s'introduire dans les organes pneumatiques ouverts et situés au-dessous de son niveau. L'introduction de ce liquide devait expulser l'air contenu dans ces cavités pneumatiques et cela par la même ouverture qui donnait accès à l'eau. Ce phénomène tout mécanique de l'expulsion de l'air devait avoir lieu pendant la nuit comme pendant le jour. De là le phénomène de l'émission de l'air observé *quelques fois* par M. Delile pendant la nuit aux ouvertures que possédait le pétiole ou le limbe des feuilles du *Nelumbium*. Il est bien évident que si cette émission nocturne de l'air eût été un phénomène physiologique, il eût été observé constamment et non pas seulement *quelques fois*. Le phénomène constant est ici l'émission diurne de l'air, sous l'influence de la lumière, et cela d'après les observations de M. Delile comme d'après les miennes. Le phénomène de l'émission nocturne de l'air, observé par M. Delile, dérive de la cause d'erreur que je viens de signaler.

» J'aborde actuellement un point plus essentiel par lequel nos observations diffèrent. J'ai observé que la feuille du *Nymphœa* n'émet de l'air, par l'extrémité coupée de son pétiole, que lorsque le limbe de la feuille est entièrement plongé dans l'eau; si ce limbe émerge, même seulement en partie, il n'y a plus d'émission d'air par l'extrémité inférieure du pétiole. Au contraire, M. Delile a observé que l'ouverture faite au pétiole d'une feuille de *Nelumbium* n'émet de l'air qu'autant que le limbe de la feuille est en communication avec l'atmosphère; du moment que ce limbe est totalement submergé, l'émission de l'air cesse. M. Delile regarde ce fait comme

prouvant que l'air émis est emprunté à l'atmosphère. Cette conclusion est loin d'être rigoureuse, comme on va le voir tout à l'heure; dans tous les cas, le fait duquel M. Delile la déduit ne l'autorise en aucune manière à décider que cet air prétendu emprunté à l'atmosphère serait *aspiré par le velouté de la feuille.*

» Si la feuille du *Nymphæa* n'émet de l'air par l'extrémité coupée de son pétiole que lorsque le limbe de la feuille est submergé, cela provient de ce que le contact de l'eau occasionne l'occlusion des stomates nombreux qui existent sur ce limbe. L'oxygène versé à l'intérieur des organes pneumatiques où il s'accumule sans cesse sous l'influence de la lumière, ne trouvant plus d'issue par ces stomates, est forcé de s'évacuer par la seule issue qui lui est ouverte, c'est-à-dire par les ouvertures des tubes pneumatiques à la section du pétiole. Le limbe de la feuille étant replacé dans l'atmosphère, les stomates s'ouvrent et livrent à l'air accumulé dans les organes pneumatiques une issue plus facile que celle de l'extrémité inférieure du pétiole par laquelle il sortait auparavant; car, pour sortir, il avait là à vaincre la pression d'une colonne d'eau d'une certaine élévation. Cette même pression intervient comme cause de la sortie de l'air par les stomates, lorsque le limbe de la feuille est situé dans l'air, puisqu'elle tend à faire pénétrer l'eau dans les tubes pneumatiques ouverts à l'extrémité inférieure du pétiole tronqué, et, par conséquent, à en chasser l'air de bas en haut. Or, d'après les observations de M. Delile, la feuille du *Nelumbium,* à l'inverse de la feuille du *Nymphæa,* n'émet de l'air par les ouvertures faites aux tubes pneumatiques de son pétiole que lorsque le limbe de la feuille est situé dans l'air; cette émission cesse lorsque le limbe est submergé. Il me paraît probable que cela provient de ce que les stomates de cette feuille, à l'inverse de ceux de la feuille du *Nymphæa,* se ferment lorsque le limbe de la feuille est dans l'atmosphère et s'ouvrent lorsque ce limbe est submergé. Dans le premier cas, l'oxygène accumulé dans les organes pneumatiques, est refoulé dans les tubes du pétiole et s'échappe par les ouvertures qui leur sont faites; dans le second cas, cet air accumulé s'échappe par les stomates ouverts, ou par les ouvertures que M. Delile nomme *pores naturels* et qui ne peuvent être également que des stomates. Cet air expulsé se joint à la couche d'air, qui, selon le même observateur, *est toujours placée entre l'épiderme de la feuille et l'eau qui coule sur son velouté.*

» M. Delile a expérimenté qu'une insufflation, même légère, dans le pétiole d'une feuille dont le limbe est couvert d'eau, laquelle ne peut chasser la couche d'air qui lui adhère, produit l'échappement de l'air intérieur par

les *pores naturels* ou stomates. Cette expérience vient à l'appui du soupçon que je viens d'émettre touchant la propriété qu'auraient les stomates du *Nelumbium* de s'ouvrir lorsque la feuille est submergée. Le libre passage que ces ouvertures offrent alors à l'air intérieur ferait que cet air cesserait de sortir par l'ouverture faite au pétiole; il s'adjoindrait à la couche d'air qui adhère constamment à la feuille et il en augmenterait progressivement le volume. C'est ce qui serait à observer.

» Une autre cause peut encore intervenir pour occasionner la cessation de l'émission de l'air par la feuille du *Nelumbium*, lorsqu'elle est submergée. J'ai expérimenté qu'une certaine diminution dans l'élévation de la température fait cesser l'émission de l'air par l'extrémité inférieure du pétiole coupé d'une feuille de *Nymphæa* submergée. Alors il ne s'opère plus, sous l'influence de la lumière, un dégagement intérieur de gaz oxygène assez abondant pour remplir avec excès les organes pneumatiques de la feuille, et dès lors il n'y a plus d'émission d'air. Ne serait-il pas possible que cette cause concourût à supprimer l'émission de l'air chez la feuille du *Nelumbium*, que l'immersion fait passer brusquement du sein de l'atmosphère dans l'eau ordinairement plus froide que l'air qu'elle vient de quitter?

» Le *Nelumbium* est une plante des pays chauds, elle a besoin d'une température élevée; peut-être verrait-on se rétablir chez sa feuille l'émission de l'air par l'extrémité coupée de son pétiole, si on la tenait submergée dans de l'eau entretenue à une température suffisamment élevée.

» On voit, par ces considérations, qu'il s'en faut de beaucoup qu'il soit démontré que la feuille du *Nelumbium* emprunte à l'atmosphère, *en l'aspirant*, l'air qu'elle émet par les ouvertures naturelles ou artificielles de ses organes pneumatiques, ainsi que le pense M. Delile. On voit qu'il faudra, pour obtenir des résultats incontestables en pareille matière, ne plus faire les expériences dont il s'agit sur des feuilles tenant à la plante enracinée, ainsi que l'a fait M. Delile, mais qu'il faudra les faire sur des feuilles détachées de la plante et placées dans l'intérieur ou sur la surface de l'eau contenue dans des bocaux, ainsi que je l'ai fait pour la feuille du *Nymphæa*. C'est le seul moyen d'éviter les erreurs dans lesquelles j'ai fait voir que l'on pouvait tomber en suivant un autre mode d'expérimentation. Je livre ces considérations aux méditations du savant professeur qui les a suscitées, persuadé qu'il ne verra dans leur manifestation que le résultat du désir que j'ai d'être utile à la science.

» Il est une dernière réclamation que je me serais abstenu de faire, vu son peu d'importance, si elle se fût présentée seule. M. Delile dit, dans sa

réponse destinée à faire voir que ses expériences ne sont pas la reproduction des miennes : *J'ai insufflé de l'air dans les pétioles, moyen que n'a pas employé M. Dutrochet.* Je ne suis point étonné que M. Delile n'ait point conservé le souvenir de cette petite observation consignée dans mon ouvrage. J'y ai dit (tome I, page 336), en parlant des tubes pneumatiques contenus dans le pétiole de la feuille du *Nymphæa : Ils n'offrent aucune cloison dans leur intérieur, en sorte qu'en prenant un de ces pétioles duquel on a enlevé le limbe de la feuille, on peut souffler par l'une des extrémités et faire sortir l'air par l'autre extrémité que l'on tient plongée dans l'eau pour apercevoir la sortie de l'air.* »

CLIMATOLOGIE BOTANIQUE. — *Note comparative des époques de la végétation en divers pays ; par* M. AUGUSTE DE SAINT-HILAIRE.

« Désirant comparer la végétation des tropiques avec celle des pays septentrionaux, j'ai profité de la fin de l'été et du commencement de l'automne pour parcourir la Norvège et visiter la chaîne scandinavique. Quoique extrêmement rapide, cette course a pourtant contribué à rectifier quelques-unes des idées que je m'étais faites de la distribution des plantes dans ces contrées, et de l'influence que le climat y exerce. Arrivé à Paris depuis deux jours seulement, je ne pourrais faire part à l'Académie de mes observations, qui d'ailleurs trouveront place dans un travail d'une certaine étendue, s'il m'est accordé de passer encore quelques jours sur la terre. Je me bornerai, aujourd'hui, à indiquer brièvement les époques comparatives de la végétation en différents pays.

» Dans un Mémoire que j'ai lu à l'Académie il y a plusieurs années, et qui peut-être n'a pas été sans utilité pour la géographie botanique, je disais qu'après avoir laissé à Brest, le 1er avril, les pêchers sans feuilles et sans fleurs, je les avais trouvés à Lisbonne, huit jours plus tard, entièrement fleuris, et qu'il en était de même du *Cercis*, de plusieurs espèces de *Lathyrus*, de *Vicia*, de *Juncus*, etc.; que, le 25, à Madère, les pêchers étaient noués et le froment en épis; enfin que, le 29, à Ténériffe, on faisait la moisson, et que les pêches avaient presque atteint une maturité parfaite. Dans le voyage que je viens de faire, j'ai pris, pour ainsi dire, la végétation en sens inverse. Le 10 août j'ai vu achever, dans les environs d'Orléans, la récolte des avoines; le 23 on la terminait entre Beauvais et Saint-Omer; le 31 entre Hambourg et Lubeck; le 2 septembre, on vendait encore des cerises sur le marché de Copenhague; le 7, on finissait la récolte

des avoines dans les alentours de Christiania, et du 10 au 18, je n'ai cessé de la voir faire entre cette ville et Trondhjem, par le 64e degré. Il serait naturel de croire qu'en retournant de cette dernière ville à Christiania, je trouvai cette même récolte complétement achevée; mais, au contraire, je ne cessai de voir moissonner les avoines entre Trondhjem et Christiania, comme je les avais vu moissonner entre Christiania et Trondhjem. Ceux qui ont parcouru les pays de montagnes, et qui savent quelle est, dans ces pays, l'influence des causes secondaires, ne seront point étonnés de ces apparentes singularités. Ainsi, dans l'Hedemarken, plaine fort humide, les semailles se font tard, et par conséquent les récoltes doivent être tardives; sur une des rives du grand lac Mjösen, la récolte se fait beaucoup plus tôt que sur l'autre rive : c'est celle exposée au midi.

» On sait que, dans les contrées septentrionales, la brièveté des étés est compensée par la longueur des jours, et que la végétation y accomplit ses phases dans un espace de temps bien moins considérable qu'au milieu des pays plus méridionaux. A Christiania, le 10 de septembre, je l'avais laissée à peu près dans l'état où elle est au milieu de la France durant les dernières semaines du même mois; à Röraas, un des points les plus élevés de la chaîne scandinavique, où le mercure gèle tous les ans, et où le *Betula nana* croît en abondance, elle se montrait, le 14 septembre, telle qu'elle est, chez nous, vers les premières semaines de novembre; celle des bords du Guldelf, le 20 septembre, à peu de distance de Trondhjem, était au même point que celle de la France pendant les dernières semaines d'octobre; enfin dans le Dovrefjeld, à une hauteur de 3000 pieds au-dessus du niveau de la mer, la végétation se présentait telle, le 22 septembre, que nous la voyons en Sologne dans les premiers jours de décembre. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à l'élection d'un candidat pour la chaire de Géodésie et de Machines, vacante à l'École Polytechnique, par suite de la mort de M. Savary.

Les sections d'Astronomie et de Mécanique ont proposé pour candidat unique M. Chasles.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant de 38, M. Chasles réunit l'unanimité des suffrages.

M. Chasles sera, en conséquence, présenté au choix de M. le Ministre de la Guerre, comme le candidat de l'Académie.

MÉMOIRES LUS.

M. Furiet lit un Mémoire ayant pour titre : *Du Mouvement perpétuel.* Le but de cet écrit est de prouver, par des considérations accessibles à tout le monde, l'impossibilité du mouvement perpétuel.

(Commissaires, MM. Poinsot, Poncelet, Liouville.)

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur un appareil à air comprimé, pour le percement des puits de mines et autres travaux, sous les eaux et dans les sables submergés; par* M. Triger (1), ingénieur civil.

(Commissaires, MM. Arago, Élie de Beaumont, Dutrochet, Dufrénoy.)

« Depuis Doué, département de Maine-et-Loire, jusqu'à Niort, département de la Loire-Inférieure, s'étend un terrain houiller bien connu des exploitants et des géologues. Dès 1811, M. Cordier en a fait l'objet d'un Mémoire, et plus tard MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy ont également étudié ce terrain et l'ont tracé sur la carte géologique de France.

» La Loire, en creusant son lit dans cette contrée, a suivi une direction qui coupe celle de ce terrain sous un angle très-aigu, et l'a recouvert, comme elle le couvre encore tous les jours, d'alluvions considérables, entre les villes de Rochefort et d'Ingrandes. Sous ce dépôt, qui n'atteint pas moins de 18 à 20 mètres d'épaisseur, repose aujourd'hui le terrain houiller. C'est pour rendre son extraction possible qu'on a employé l'appareil dont nous allons faire connaître les résultats.

» De nombreux sondages ont démontré que ces alluvions étaient composées de quelques bancs d'argile intercalés entre de puissantes couches de sables mouvants et de galets. Dans ces dernières, on reconnaît facilement les débris d'une foule de roches amenées par les différents affluents

---

(1) A ce Mémoire sont joints : 1° un dessin en double de l'appareil; 2° une grande coupe géologique représentant les travaux de recherches de mines de houille, exécutés par M. Triger, dans le fond de la vallée de la Loire, près de Chalonnes, département de Maine-et-Loire.

de la Loire. On y remarque des roches volcaniques, des granits et surtout de nombreux silex appartenant à la craie. La disposition de ce dépôt, dans lequel les sables grossiers et les galets occupent constamment la partie inférieure, semble annoncer que la cause à laquelle ces alluvions doivent leur origine a été évidemment beaucoup plus active dans le principe qu'elle ne l'est aujourd'hui.

» En effet, on voit les sables fins des alluvions actuelles passer peu à peu à des sables plus grossiers, ensuite à des galets; puis enfin à des blocs erratiques qui, par suite du frottement, ont tous pris une forme presque sphérique.

» Nos sondages ont démontré un autre fait également remarquable : c'est que lors du creusement de la vallée de la Loire, les roches, quelle que fût leur nature et leur dureté, ont été rasées suivant un même niveau, et avec une régularité telle, que l'on peut considérer que le terrain sur lequel reposent les alluvions offre une surface presque aussi plane que celle des alluvions elles-mêmes. Cependant ce terrain est composé d'une alternance de roches si peu homogènes et si différentes quant à la dureté, qu'on a peine à s'expliquer un pareil phénomène.

» Comment en effet ces courants rapides, auxquels on attribue généralement le creusement des vallées, auxquels n'ont pu résister ni les grès houillers ni les poudingues, ni même ces roches feldspathiques, vulgairement appelées pierre carrée; comment à côté de roches si dures ces mêmes courants n'ont-ils pas sillonné à plusieurs mètres de profondeur les veines de charbon et les schistes tendres qui les accompagnent? Ils ne l'ont point fait cependant, nous en sommes certains d'après les nombreux sondages que nous avons exécutés. Nous avons même reconnu que partout le terrain solide offrait une table absolument rase, malgré le peu d'homogénéité de ses principes constituants.

» Je laisse aux savants le soin de rechercher la véritable cause de ce phénomène que je ne puis attribuer à la rapidité des courants. Je me borne à le signaler comme un fait constant pour toute la vallée de la Loire, depuis Angers jusqu'à Nantes.

» L'étude approfondie que nous avons faite de ce terrain, nous ayant démontré qu'il fallait traverser 18 à 20 mètres de sables mouvants avant d'atteindre le terrain houiller, nous avons dû, pour vaincre une pareille difficulté, songer à des moyens autres que ceux généralement employés dans les mines. Cette difficulté avait été considérée par tous les exploitants de la contrée comme tellement insurmontable, que toute la portion du

bassin houiller qui s'étend sous les alluvions de la Loire, quoique bien connue depuis des siècles, était restée intacte. En effet, vouloir au moyen des épuisements ordinaires pénétrer dans ces sables, d'autant plus mouvants qu'ils sont en communication directe avec les eaux de la Loire, c'était vouloir établir un puits dans cette rivière, c'était vouloir épuiser le fleuve lui-même. Ne pouvant donc songer à extraire les eaux, nous eûmes l'idée de les refouler. Le succès a pleinement couronné notre attente, au moyen de l'appareil suivant :

» *Description de l'appareil.* — Nous nous sommes procuré un tube en tôle de fer, de 12 millimètres d'épaisseur et de $1^{m},033$ de diamètre intérieur. Ce tube, d'une longueur de 20 mètres, a été construit à Paris, et nous a été adressé par bouts de 5 à 6 mètres de longueur : ces bouts de tubes, après avoir été réunis, ont été successivement enfoncés dans les sables, au moyen d'un mouton, comme dans les sondages pour les puits artésiens. Les sables en ont été extraits au moyen d'une soupape à boulet, de sorte qu'on peut considérer l'enfoncement de ce tube, qui repose sur le solide à la profondeur de 19 mètres, comme un sondage d'une espèce toute nouvelle, à raison de son diamètre.

» Rien d'extraordinaire ne s'est manifesté pendant l'enfoncement de ce tube, si ce n'est la rapidité avec laquelle a augmenté la résistance dès qu'il a quitté les sables ordinaires pour entrer dans des sables plus grossiers. Ce tube, qui, jusqu'à la profondeur de 12 à 15 mètres, avait pénétré avec facilité dans le sable ordinaire, a éprouvé depuis 17 mètres jusqu'à 19 dans les gros sables, une résistance telle, que deux cents coups de mouton du poids de 2000 kilogrammes, tombant de $1^{m},50$ environ de hauteur, suffisaient à peine pour l'enfoncer de quelques centimètres ; tandis que, peu de temps auparavant, une pareille manœuvre l'enfonçait au moins de 1 mètre. De sorte que les deux derniers mètres ont exigé un travail et un temps au moins deux fois aussi long que tout le reste de l'opération ; d'où je conclus que jamais on ne serait arrivé au même résultat par le dégagement successif des sables et la simple pression, comme cela se pratique généralement en Angleterre, où le terrain sans doute est d'une tout autre nature, et loin de présenter les mêmes difficultés.

» Je passe maintenant à l'appareil à air comprimé.

» Cet appareil se compose d'une machine à vapeur, de deux pompes à comprimer l'air, et d'un sas à air.

» Je ferai remarquer que notre machine à vapeur n'était nullement appropriée à l'usage auquel nous l'avons fait servir, et que des considéra-

tions toutes particulières nous en ont nécessité l'emploi. Quant aux pompes, nous aurons occasion d'en parler plus tard, voulant d'abord décrire le sas à air.

» Ce sas se compose :

» 1°. D'un presse-étoupe fixé à sa partie inférieure, et destiné à le réunir avec le puits en fer, assez intimement pour qu'il ne puisse exister aucune communication entre l'air atmosphérique et l'intérieur de ce puits ;

» 2°. De deux tuyaux dont l'un est destiné à l'introduction de l'air comprimé dans le puits, et l'autre, désigné dans notre plan par la lettre O, a pour usage de faciliter la sortie de l'eau lorsque, par suite de la compression de l'air, cette eau est forcée de sortir avec plus de vitesse que ne le permettent les ouvertures qui peuvent exister au bas du puits, au contact imparfait du tube avec le terrain solide ;

» 3°. De deux soupapes, trou-d'homme, destinées à la manœuvre du sas pour l'introduction des ouvriers et l'extraction des déblais ;

» 4°. Enfin des deux robinets destinés au même usage, ainsi que d'un manomètre et d'une soupape de sûreté pour prévenir les accidents.

» *Jeu de l'appareil.* — Il est facile, d'après cela, de se faire une idée exacte de la manœuvre de cet appareil.

» Que l'on suppose en effet la machine à vapeur en activité. Les pompes injecteront dans le puits, au-dessous du sas à air, de l'air qui devra nécessairement se comprimer, puisqu'il n'existe aucune communication entre cette partie du puits et l'air atmosphérique. Si le puits est rempli d'eau, cette eau, cédant alors à la pression de l'air, s'échappera par le tuyau O, de sorte qu'au bout d'un certain temps toute celle renfermée dans le puits se trouvera remplacée par de l'air comprimé; et si la manœuvre continue, ce puits se trouvera constamment à sec.

» Quant à l'introduction des ouvriers dans le puits, elle se fait au moyen du sas à air. Supposons pour un instant la soupape fermée, et l'air comprimé dans le puits à la pression de deux ou trois atmosphères. La soupape supérieure étant ouverte, les ouvriers pourront descendre dans le sas à air, puis fermer au-dessus de leur tête cette soupape et ouvrir en même temps le robinet inférieur pour se mettre en communication avec l'air comprimé du puits. A l'instant même, la soupape supérieure se trouvera collée contre ses parois et dès que l'équilibre se sera établi entre la tension de l'air du puits et du sas à air, la soupape inférieure s'ouvrira d'elle-même par son propre poids, et les ouvriers pourront alors s'introduire dans le puits. Pour en sortir, il suffira de faire une manœuvre pareille en sens in-

verse, c'est-à-dire de fermer la soupape inférieure et d'ouvrir le robinet de la partie supérieure, pour se mettre de suite en communication directe avec l'air atmosphérique. La tension de l'air diminuant alors au-dessous de la soupape supérieure, cette soupape s'ouvrira encore d'elle-même et les ouvriers pourront sortir et faire enlever leurs déblais.

» Tel est l'appareil que nous avons conçu pour traverser les sables mouvants qui composent les alluvions de la Loire. Le principe était juste; l'application devait avoir des résultats certains. Mais il restait encore une chose à bien constater, c'était la possibilité de vivre sous une pression de trois à quatre atmosphères.

» Ayant consulté à cet égard M. de Las Cases, avec lequel je m'étais réuni pour faire des travaux de recherche de charbon sous les alluvions de la Loire, il fut décidé qu'on ne soumettrait les ouvriers à l'action de l'air comprimé qu'après s'être bien assuré de ses effets sur nous-mêmes. Nous nous rendîmes donc à cet effet chez un médecin de Paris qui faisait respirer de l'air comprimé pour le traitement de certaines maladies, et trouvâmes chez lui un appareil semblable à celui de M. Tabarié (de Montpellier), dans lequel, huit mois auparavant, M. de Las Cases avait déjà supporté une pression de trois quarts d'atmosphère en sus de la pression atmosphérique.

» L'appareil dans lequel nous devions faire un nouvel essai portait un manomètre à air libre et pouvait à peine supporter une pression de deux atmosphères. De nombreuses fuites, qui résultaient de la mauvaise disposition de l'appareil, ne nous permirent pas, malgré deux heures d'expériences, de faire monter le mercure à plus de 22 pouces. Nous ne fûmes donc soumis, cette première fois, qu'à la pression d'une atmosphère trois quarts, et notre but ne fut pas atteint, puisqu'il s'agissait de bien connaître les effets de l'air comprimé à la pression de trois atmosphères au moins.

» Ayant obtenu que l'on fît quelques réparations pour le lendemain, nous pûmes alors recommencer nos expériences; mais pour mieux surveiller le conducteur de la machine, cette fois M. de Las Cases resta hors de l'appareil pour être plus sûr de la pression à laquelle un de ses parents et moi allions être soumis.

» La machine fonctionnait depuis trois quarts d'heure environ, et le mercure s'élevait à peine dans le manomètre à la hauteur de 40 pouces, lorsque tout à coup une détonation, que l'on peut comparer à celle d'une pièce de quatre, se fit entendre, et à l'instant même le parent de M. de Las

Cases et moi nous nous trouvâmes saisis d'un froid glacial et plongés dans l'obscurité la plus complète, par suite de la production instantanée d'un épais brouillard : une vitre de l'appareil avait crevé.

» J'appris de M. de Las Cases qu'une petite glace de 6 lignes d'épaisseur et d'environ 6 pouces de diamètre, destinée à éclairer l'intérieur de l'appareil, s'était brisée; que les fragments en avaient été projetés avec violence et que plusieurs étaient passés près de lui après avoir criblé de trous un large rideau de toile destiné à garantir la machine des rayons du soleil.

» De nombreuses personnes, attirées par le bruit de l'explosion, s'empressaient de ramasser des éclats de verre qui avaient été lancés à plus de 100 mètres; une d'entre elles rapporta, à notre grand étonnement, un morceau de feutre que l'on reconnut provenir de mon chapeau. Il avait en effet servi de projectile, et nous en retrouvâmes successivement tous les débris.

» Au reste, la rupture et l'explosion de l'appareil, dont nous ne nous rendîmes pas compte dans le premier moment, n'eut d'autre résultat que de nous occasionner une grande surprise.

» Notre expérience fut donc encore manquée, car nous étions loin de trois atmosphères. Fatigué de ces contre-temps, et de plusieurs autres inutiles à rapporter ici, je ne songeai plus à faire d'expériences qu'au moyen de mon propre appareil.

» J'ai déjà dit que la machine à vapeur à notre disposition n'était nullement appropriée à l'usage qu'on en voulait faire. Dans l'intérêt de la science, je dois dire aussi deux mots de nos pompes à comprimer l'air, dont la confection a présenté, dans le principe, de grandes difficultés, et a retardé pendant longtemps la marche de notre opération.

» On dira sans doute que les pompes de compression ne sont cependant pas nouvelles, qu'il en existe pour la fabrication des eaux gazeuses, pour les souffleries des hauts-fourneaux, etc. Je répondrai que, malgré cela, j'ai éprouvé les plus grandes difficultés pour obtenir de bonnes pompes à comprimer l'air, quoique j'eusse employé à leur confection les mécaniciens constructeurs qui sont le plus en réputation dans la capitale.

» Il me fallait une grande masse d'air à une haute pression, et des pompes susceptibles d'un travail continu de plusieurs mois; c'était une condition indispensable, et c'est ce que je n'ai pu obtenir avec les pompes à clapets en cuivre que j'avais d'abord fait exécuter.

» Lorsqu'il s'agit d'élever de l'eau, les pompes à clapets dont je viens de

parler donnent les meilleurs résultats; mais c'est à tort qu'on en attendrait les mêmes résultats pour la compression de l'air.

» En effet, l'eau est un corps à peu près incompressible, tandis que l'air est un corps essentiellement élastique. Lorsqu'il s'agit d'élever de l'eau, il résulte de son incompressibilité que dès que le piston exerce sa pression sur le liquide, toute sa puissance est au même instant communiquée aux soupapes par l'intermédiaire de ce liquide. Cette puissance est donc exercée aussi bien que possible, et les bons résultats qu'on en obtient n'en sont que la conséquence. Lorsqu'au contraire il s'agit de comprimer de l'air, les choses se passent tout autrement.

» Si le jeu de la machine est actif, si les soupapes ont un certain poids, ce qui devient indispensable pour de fortes pompes, il en résulte que le piston, qui n'éprouve d'abord qu'une résistance presque nulle par suite de l'élasticité de l'air, prend instantanément une très-grande vitesse, tandis que la soupape, au contraire, par suite de son poids, offre une force d'inertie qui ne se trouve vaincue que lorsque l'air a été comprimé beaucoup au-dessus de la pression nécessaire. De là une marche inégale, des secousses, et la destruction des clapets; de là enfin une mauvaise machine, surtout lorsqu'il s'agit d'obtenir un travail continu et prolongé.

» Tel a été le sérieux inconvénient qui pendant longtemps a retardé la marche de nos travaux, et qui m'a enfin conduit à trouver une bonne disposition de soupapes pour les pompes à comprimer l'air.

» Cette disposition consiste tout simplement à remplacer les clapets en cuivre par des soupapes en cuir. Ces soupapes, beaucoup plus simples et beaucoup plus légères, n'ont aucun des inconvénients signalés ci-dessus, et cette disposition n'est pas autre que celle du soufflet ordinaire, que j'ai imitée autant que possible dans la confection des nouvelles pompes dont j'ai obtenu les meilleurs résultats. Ces pompes consistent dans un cylindre alésé qui repose sur un plateau en fonte, percé de deux séries de trous. Ces trous sont disposés comme dans les soufflets les plus communs, recouverts par des soupapes en cuir retenues par des brides également en cuir.

» La soupape destinée à l'aspiration se trouve placée à l'intérieur du cylindre, tandis que l'autre est en dehors sur le même plateau. Le piston des pompes est plein, et peut être recouvert constamment d'une couche d'eau pour en faciliter le mouvement. J'ajouterai même que l'expérience m'a prouvé que l'eau produisait un meilleur effet que l'huile en pareil cas.

» Telle a été la disposition que j'ai donnée à mes pompes à air pour évi-

ter les inconvénients signalés plus haut, et depuis ce moment elles ont manœuvré jour et nuit pendant des mois entiers sans exiger la moindre réparation.

» Il ne me reste plus maintenant qu'à parler de l'effet produit par l'air comprimé sur les ouvriers, et des résultats obtenus au moyen de l'appareil.

» Le premier phénomène que l'on a observé lorsqu'on passe de l'air libre dans l'air comprimé, est une douleur plus ou moins vive qui se manifeste dans les oreilles. Cette douleur commence dès les premiers coups de piston, et cesse ordinairement lorsque le mercure s'est élevé de quelques pouces dans le manomètre; c'est-à-dire qu'elle cesse dès que l'équilibre de pression s'est établi entre l'air comprimé de l'appareil et l'air renfermé dans l'oreille interne; fait d'autant plus probable que le meilleur moyen de la faire disparaître, est d'opérer un mouvement de déglutition en avalant sa salive. Il est à remarquer que cette douleur, à peine sensible pour quelques individus, est insupportable chez d'autres. Chez quelques-uns même (mais c'est le cas le plus rare) cette douleur est nulle en entrant dans l'air comprimé, tandis qu'en sortant elle devient très-vive. Je crois devoir ajouter que la plus ou moins bonne disposition des personnes contribue beaucoup à la rendre plus ou moins forte; car j'ai éprouvé par moi-même, et j'ai remarqué souvent chez d'autres, qu'un jour on n'éprouvait qu'un léger engourdissement, tandis que le lendemain, toutes les circonstances paraissant les mêmes, on ressentait une douleur intolérable. Un fait bien constant, c'est que cette espèce d'engourdissement est d'autant moins sensible que l'appareil est plus grand et que l'on met plus de temps à passer de l'air libre dans l'air comprimé, ainsi que de l'air comprimé dans l'air libre; et c'est une chose que tous les ouvriers eux-mêmes ont remarquée chaque fois qu'il leur est arrivé de passer du sas à air dans le puits lui-même.

» Le second phénomène produit par l'air comprimé est une accélération sensible de la combustion suivant l'intensité de la compression. A la pression de trois atmosphères, cette accélération devient telle que nous avons été obligés de renoncer aux chandelles à mèches de coton pour les remplacer par des chandelles à mèches de fil. Les premières brûlaient avec une telle rapidité, qu'elles duraient à peine un quart d'heure, et elles répandaient en outre une fumée intolérable. Au moyen des mèches en fil, la combustion est devenue beaucoup moins vive et l'on a diminué sensiblement le dégagement de la fumée. Cette accélération de la combustion s'explique du

reste facilement par une plus grande quantité d'oxygène renfermé sous un même volume.

» Quant à la température du puits, lorsqu'il est plein d'air comprimé à trois atmosphères, elle varie entre 15 et 17 degrés centig. Il est à remarquer qu'à la pression de trois atmosphères, les pompes, au lieu d'injecter de l'air froid, injectent de l'air qui est à peu près à cette température (15 à 17 degrés cent.), air qui s'est nécessairement beaucoup refroidi avant d'arriver dans le puits, car je me suis assuré qu'auprès des pompes, les tuyaux, pendant le travail, marquaient constamment 70 ou 75 degrés centigrades.

» Un autre phénomène qui se manifeste, c'est le froid sensible produit par la distension de l'air comprimé.

» A l'instant même où l'on ouvre le robinet pour se mettre en communication avec l'air atmosphérique, il se forme dans l'appareil une espèce de nuage qui s'épaissit d'autant plus que l'air se distend plus vite; un froid qui peut devenir même glacial vous saisit aussitôt, et vous vous trouvez bientôt au milieu d'un brouillard qui ne diffère en rien des plus épais brouillards d'automne, pas même par l'odeur argileuse qui leur est toute particulière. Cette odeur est très-sensible, et c'est ce qui nous frappa d'abord M. de Las Cases et moi lorsque nous fûmes soumis la première fois à l'action de l'air comprimé.

» On peut facilement augmenter à volonté l'intensité de ce brouillard ou le faire disparaître entièrement, en ouvrant ou en fermant le robinet destiné à détendre l'air comprimé. Il est facile de se rendre compte de ce phénomène qui, à mon avis, présente l'explication la plus claire de la production des brouillards dont l'odeur particulière se trouve ici artificiellement reproduite avec toute sa vérité.

» Il me reste encore à signaler quelques observations qui ne me paraissent pas sans intérêt. La première, c'est qu'à la pression de trois atmosphères, il n'est plus possible à personne de siffler dans l'air comprimé; faculté qui, du reste, ne se perd que lorsque l'on arrive à cette pression.

» La seconde, c'est que dans l'air comprimé, tout le monde parle du nez, ce qui devient d'autant plus sensible que la pression est plus grande.

» La troisième, c'est que tous les ouvriers ont remarqué qu'en montant dans les échelles, ils se trouvaient moins essoufflés dans l'air comprimé qu'à l'air libre.

» Enfin, je terminerai par une observation assez curieuse que j'ai été à même de bien constater : c'est qu'un ouvrier mineur, le nommé Floc,

sourd depuis le siége d'Anvers, a constamment entendu plus distinctement dans l'air comprimé que tous ses autres camarades.

» Je passe maintenant aux effets mécaniques produits par l'air comprimé. Si l'on se rappelle ce que nous avons dit plus haut, on saura qu'au moment de la mise en activité du sas à air, nous avions vidé de sable et enfoncé jusqu'au solide notre tube en fer de $1^{m},33$ de diamètre et de 20 mètres de longueur; que ce tube était garni à l'intérieur d'un tuyau de dégagement destiné à faciliter l'écoulement de l'eau dans le cas où les ouvertures du fond ne lui permettraient pas de sortir assez vite.

» Quelle fut notre surprise, lorsqu'au moyen de l'air comprimé, nous refoulâmes pour la première fois dans notre puits la colonne liquide jusqu'à la partie inférieure du tuyau ci-dessus! Un bouillonnement extraordinaire et des sifflements se firent entendre, et furent aussitôt suivis d'un jet d'eau de 20 mètres de hauteur environ. Surpris d'un pareil phénomène, je courus au manomètre : il marquait trois atmosphères, y compris la pression atmosphérique, et nous avions malgré cela une ascension d'eau d'environ 40 mètres. Je me perdais en conjectures, lorsque tout d'un coup j'en découvris la véritable cause. L'eau projetée n'était pas de l'eau pure, mais un mélange d'eau et d'air d'une pesanteur spécifique par conséquent beaucoup moindre. De là cette ascension de 40 mètres, au lieu de 20 que nous aurions dû obtenir.

» Ce jet d'eau dura seulement une minute et demie, puis perdit graduellement de sa hauteur, en sorte qu'à la fin, l'eau projetée semblait une gerbe de grosses perles qui rentraient pour la plupart dans le tube dont elles étaient sorties.

» Cinq minutes s'étaient à peine écoulées depuis que le jet avait disparu, lorsque tout à coup le même bouillonnement et les mêmes sifflements se firent entendre, et nous eûmes un jet d'eau tout à fait semblable au premier. Pendant deux heures environ, nous eûmes en diminutif le spectacle des geysers d'Islande, dont la cause maintenant me semble facile à expliquer.

» Pour mieux nous rendre compte de ce qui se passait dans l'intérieur du tube, au moment de cette ascension d'eau, nous descendîmes dans le puits et y fûmes témoins d'un spectacle assez curieux. Lorsque la colonne d'eau refoulée par la compression de l'air atteignait la partie inférieure du tuyau de dégagement, l'air s'échappait aussitôt avec violence en enlevant une pellicule d'eau de 1 ou 2 millimètres, et c'est cette eau qui, diminuée de pesanteur spécifique par son mélange avec de l'air, produit le jet extraordinaire dont nous avons parlé tout à l'heure.

» Ce jet continue jusqu'à ce que l'air soit assez distendu pour ne plus faire équilibre à la colonne d'eau qui pèse sur l'embouchure du tuyau de dégagement. Et comme la vitesse de ce courant ne peut s'arrêter instantanément, il en résulte que l'air se distend au-delà même de ce point, ce dont il est facile de juger par la surface courbe que l'eau offre alors au fond du puits; surface qui ne disparaît que lorsque la colonne liquide s'est élevée de manière à fermer tout à fait l'embouchure de ce tube. C'est alors que le jet cesse jusqu'à ce que l'air que l'on continue d'injecter ait refoulé de nouveau les eaux au-dessous de l'embouchure de ce tuyau. De là ces intermittences qui produisaient régulièrement toutes les cinq minutes un jet d'une hauteur extraordinaire et qui durait à peu près une minute et demie.

» J'ai dit que ce phénomène présentait l'explication la plus probable des geysers d'Islande. En effet, que l'on suppose un volcan éteint, il est naturel de penser qu'il se sera fermé par le haut longtemps avant que l'intérieur se soit refroidi; que par suite du refroidissement même, les matières contenues à l'intérieur auront diminué peu à peu de volume et qu'il en sera résulté une cavité. Que l'on suppose maintenant cette cavité en communication avec le canal d'une source venant de la partie supérieure, il arrivera que l'eau, en descendant dans cette cavité, formera, en raison de la température élevée de ses parois, une plus ou moins grande quantité de vapeur qui viendra presser sur la masse liquide, et il arrivera un instant où la vapeur elle-même se trouvant en contact avec le canal de la source, s'échappera avec violence en enlevant aussi une certaine quantité d'eau. De là alors un phénomène absolument semblable à celui produit par notre appareil.

» Je citerai encore un dernier fait qui ne laissera peut-être pas d'intéresser l'Académie.

» Dans l'opération que nous nous proposions, il ne s'agissait pas seulement d'arriver sur le terrain solide qui se trouvait à près de 20 mètres de profondeur, mais il fallait encore y pénétrer à plusieurs mètres pour établir la jonction définitive du tube en fer avec le terrain. Nous avions pour cela deux difficultés à vaincre. La première était de descendre au-dessous de la partie inférieure de notre tube où l'eau conservait un niveau constant, puisqu'à ce niveau, comme sous la cloche à plongeur, l'air s'échappait avec violence, et faisait bouillonner la Loire à plus de cent pas. D'un autre côté, le sable qui se trouvait desséché par ce courant d'air, coulait comme dans un sablier et encombrait notre puits à mesure que nous l'approfondissions. Nous remédiâmes à ce premier inconvénient en établissant sur ce point un tube mobile destiné à faire une jonction provisoire.

» La seconde difficulté venait de cette jonction provisoire elle-même qui laissait échapper de l'eau, malgré toutes les précautions possibles; et comme nous atteignons la profondeur de 25 mètres, ce n'était qu'avec une extrême inquiétude que nous soumettions nos ouvriers à la pression de 3 atmosphères et demie pour forcer cette eau à sortir par le tube de dégagement. Tel était notre embarras, lorsque le hasard vint à notre secours.

» Depuis quelque temps, nous donnions à peine à l'air comprimé la tension convenable pour refouler les eaux qui nous gênaient et souvent il arrivait même que nous ne pouvions les faire monter. Nous nous trouvions un jour dans cette circonstance, lorsqu'un ouvrier, par maladresse, donna un coup de pioche dans le tuyau de dégagement et y fit un trou. L'eau jaillit aussitôt avec violence par l'extrémité du tube de dégagement, et le problème fut résolu.

» C'était, en effet, une nouvelle application du principe qui avait déjà produit les jets extraordinaires dont nous avons parlé tout à l'heure. C'était encore une mélange artificiel d'eau et d'air qui produisait ce phénomène. Ajoutez à cela que l'air se trouvait introduit au tiers à peu près de la colonne et la divisait ainsi en deux parties; de sorte que si la tension de l'air n'était pas suffisante pour soulever la colonne tout entière, elle était surabondante pour la soulever ainsi par parties; car l'air comprimé pouvait alors agir à la fois sur deux points.

» Depuis ce moment, rien n'arrêta plus nos travaux. C'est avec cette manœuvre on ne peut plus simple que nous sommes parvenus à deux résultats immenses pour nous : le premier, celui de n'avoir pas une goutte d'eau au fond de notre puits, et le second de ne jamais donner à l'air comprimé une tension plus grande que 2 atmosphères, y compris la pression atmosphérique, quoique nous eussions cependant à élever les eaux à plus de 25 mètres.

» Deux causes différentes, je le répète, contribuaient à notre succès : la première était le mélange artificiel de l'eau et de l'air; et la seconde, la division de la colonne de l'air en deux parties. Ce fait est d'autant plus évident, que le jet étant une fois établi, souvent je l'ai vu continuer à la hauteur de 25 mètres, quoique le manomètre marquât à peine une demi-atmosphère en sus de la pression atmosphérique. Nous ne l'avons du reste jamais vu s'arrêter avant ce point dans toutes les expériences que nous avons faites.

» Là se bornent les différentes observations que nous avons été à même

de faire pendant le percement de notre puits au moyen de l'air comprimé. Nous allons terminer cet exposé en disant deux mots seulement, tant des résultats obtenus au moyen de notre appareil, que des différents travaux auxquels nous le croyons applicable. Il est inutile de dire que cet appareil n'est que le perfectionnement de la cloche à plongeur, et qu'il a sur elle l'avantage de permettre de pénétrer dans le terrain solide, ce qu'on ne peut attendre de la cloche ordinaire. En effet, c'est au moyen de cet appareil qu'après avoir traversé 19 mètres de sables, nous nous sommes enfoncés de 6 mètres environ dans le terrain houiller, et avons exécuté à sec, au milieu de la Loire, deux trousses picotées et un cuvelage qui en ce moment ne laisse pas filtrer 2 hectolitres d'eau par vingt-quatre heures. Cette opération n'est plus une question, elle est terminée; l'appareil à air comprimé est enlevé, et les mineurs en ce moment font sauter à la poudre et à l'air libre, au-dessous d'une couche d'eau de 25 mètres, le grès houiller le plus dur. Ils approfondissent enfin un puits qui doit désormais conduire à l'exploitation certaine d'un terrain houiller où personne avant nous n'avait pénétré; de sorte que nous pouvons dire que nous avons doté le pays d'une richesse minérale bien connue, il est vrai, depuis des siècles, mais sur laquelle jamais on n'avait compté, car elle était réputée inaccessible.

» Quant aux applications de notre appareil, nous pensons que le génie maritime peut en tirer un très-grand parti pour le creusement des ports; que les ponts et chaussées, pour la construction des ponts, peuvent également le mettre en usage, ne fût-ce même que pour le pont de Tours, dont nous pourrions aller consolider les arches chancelantes. Quant aux mines, son utilité ne peut plus être mise en doute; déjà dans le département du Nord, M. Mathieu, directeur des mines de Douchy, doit reprendre avec ce moyen deux puits abandonnés à 20 mètres de profondeur, malgré les plus grands sacrifices. »

Il est donné lecture d'une Note de M. **D. Colladon**, sur un *moyen pour mesurer la force des machines à vapeur installées à bord des navires;* cette Note devant être très-prochainement l'objet d'un Rapport, nous nous abstiendrons d'en donner aujourd'hui l'analyse.

(Commissaires, MM. Arago, Poncelet, Piobert, Sturm.)

M. **Arago** présente la série de rapports faits à M. le Préfet de Police, sur l'explosion qui a eu lieu, le 23 septembre dernier, dans une maison de la

rue de Richelieu, par suite d'une fuite dn gaz d'éclairage. L'explosion a eu cela de remarquable, qu'elle s'est communiquée jusque dans des pièces qu'on avait traversées un instant auparavant avec une chandelle allumée.

(Commissaires, MM. Arago, Dumas, Regnault.)

M. **Anders** réclame en faveur d'un facteur de clavecins nommé *Schnell*, la priorité pour une partie de l'invention de M. Isoard, relative à l'emploi du vent pour faire parler les instruments à corde.

La lettre de M. Anders est renvoyée, comme document, à la Commission chargée de faire un Rapport sur le nouveau piano de M. Isoard.

CORRESPONDANCE.

« M. **de Humboldt** présente, au nom de M. *Ehrenberg*, membre de l'Académie de Berlin et correspondant de l'Institut, des échantillons de la couche tourbeuse et argileuse qui, à 20 pieds de profondeur au-dessous du pavé de la ville de Berlin, se trouve remplie d'infusoires encore vivants, offrant des ovaires parfaitement conservés. Les traces de cette vie souterraine s'observent 8 pieds au-dessous du fond de la Sprée. Depuis que M. Ehrenberg avait signalé, en 1836, d'immenses masses d'infusoires fossiles, et des carapaces siliceuses et calcaires d'animaux microscopiques dans des formations géologiques particulières très-récentes, puis dans la craie, dans le calcaire oolithique de Cracovie et même dans les calcaires plus anciens (de transition) de la Russie, il a reconnu que les forces organiques sont encore si actives dans le limon retiré des fleuves et des ports, que par exemple en 1839 on a retiré du bassin du port de Swienemünde, au bord de la Baltique, dans une année, un volume de 2,592000 en 1840, 1,728000 pied cube de matières, volume dont la moitié ou tout au moins le tiers se composait d'organismes microscopiques. Les landes (bruyères) du Lunebourg présentent une couche d'infusoires fossiles de vingt-huit pieds d'épaisseur. Dans le strate qui se trouve à Berlin à vingt pieds, et dans quelques localités (en forme d'entonnoir) jusqu'à soixante pieds de profondeur, on découvre un grand nombre de Gallionnelles dont les cellules sont remplies d'œufs verts. Les animaux ne sont en contact avec l'oxygène de l'air que par le moyen de l'eau qui humecte la tourbe : on ne saurait douter de leur faculté de se multiplier. Dans les Navicules souterraines on a vu quelquefois des

mouvements spontanés, mais ces mouvements étaient beaucoup plus lents que dans les Navicules que l'on trouve près de Berlin, à la surface du sol. Le plus grand nombre des formes de la couche souterraine ne se rencontrent ni près de Berlin, ni dans la mer Baltique, mais on les trouve près de Plieger, parmi des couches d'infusoires fossiles qui alternent avec des lignites et des strates de grès. Les aiguilles si caractéristiques des éponges marines abondent aussi et paraissent indiquer une origine pélagique de ce phénomène extraordinaire. La solidité des constructions souffre beaucoup dans quelques quartiers de Berlin de cette couche d'infusoires vivants. M. Ehrenberg offre en même temps l'extrait de cinq Mémoires dont la traduction serait à désirer dans quelques journaux d'Histoire naturelle. Les observations de ce savant embrassent les pays les plus éloignés, Dongola, la Nubie, le delta du Nil et son limon, les infusoires de l'Amérique du Nord (214 espèces dont 94 vivantes, et 120 fossiles), la Sibérie, les îles Malouines et Mariannes. M. Ehrenberg va publier à la fin de cette année un grand ouvrage in-folio, semblable à son magnifique ouvrage sur les infusoires vivants, et portant le titre de : *Formes de la vie et de l'organisation primitive dans la partie solide de la croûte du globe*, avec 35 planches gravées d'après les dessins de l'auteur. »

PHYSIQUE. — *Note sur l'aimantation des feuilles de tôle pendant l'opération du zincage, vulgairement connue sous le nom de galvanisation; par* M. PEYRON.

« Tous les objets en tôle galvanisée agissent sur l'aiguille aimantée à la manière de véritables aimants dans lesquels les forces magnétiques seraient irrégulièrement distribuées : c'est pendant l'opération du zincage que cette propriété se développe.

» Si, après s'être mis à l'abri de l'influence terrestre, on s'assure qu'une lame ou un tuyau de tôle n'agit sur l'aiguille qu'à la manière des substances magnétiques, on verra que ces objets ont persisté dans cet état après le décapage; mais après avoir été retirés du bain de zinc, on les trouvera transformés en aimant.

» Cette simple vérification n'a pu me faire apprécier exactement le rôle que joue le zincage dans la production de ce phénomène. Il me paraît probable qu'il a pour effet de fixer l'action terrestre au moment de l'opération. Les fortes pièces de fer, t même les clous, ne sont aucunement modifiés dans leur état magnétique par le zincage dit galvanique. L'influence

toute locale de cette opération n'agirait-elle que sur une mince couche extérieure, et la masse centrale du métal qui persiste dans son état naturel masquerait-elle complétement cet effet ? »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un bolide observé à Dijon le 8 octobre.* — Extrait d'une Lettre de M. A. Perrey à M. *Arago*.

« ... A $10^h\ 45^m$, j'ai pu admirer (c'est le mot propre) un magnifique bolide, le plus beau que j'aie jamais vu. Je l'ai remarqué dans Cassiopée, se dirigeant vers la Polaire. C'est là, entre α et δ de la petite Ourse, que son éclat s'est bien étendu : tout l'espace entre ces deux étoiles a paru occupé. Le météore a continué lentement sa route jusqu'au-delà des Gardes de la petite Ourse, et a disparu, à mes yeux, vers α du Dragon. Le toit d'une maison voisine du jardin où je me trouvais m'en a dérobé le spectacle. Il filait comme une immense fusée, laissant un vaste sillon bordé d'énormes étincelles d'un éclat vif et nuancé de diverses couleurs. Le noyau, très-brillant, d'un diamètre un peu moindre que celui de la lune, était ceint d'un cercle d'un beau bleu, passant, par une teinte violette peu sensible, à un rouge éclatant, surtout à l'extrémité d'une espèce de queue étincelante qui joignait l'astre à la traînée lumineuse. Cette traînée s'est conservée avec un aspect analogue à celui que présentent les fusées dites *à pluie d'or*, et pendant à peu près la même durée. Malheureusement sa course presque perpendiculaire à l'horizon m'a empêché de pouvoir remarquer aucun angle dont la comparaison avec d'autres observations simultanées puisse être utile. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches historiques sur les tremblements de terre dont il est fait mention dans les historiens, depuis le commencement du quatrième jusqu'à la fin du dix-huitième siècle ; par* M. A. Perrey.

Nous extrayons de ce Mémoire, qui est très-détaillé, le tableau suivant, qui offre les résultats numériques auxquels est arrivé l'auteur relativement à la distribution des tremblements dans les différentes saisons.

Résumé, par siècles et par mois, des tremblements de terre mentionnés dans les chroniques (Europe et Syrie), *de* 306 *à* 1800.

SIÈCLES.	AVEC DATES DE JOURS OU DE MOIS.												Avec dates de saisons seulement.		Sans autre date que celle de l'année.	TOTAL par siècle.
	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septem.	Octobre.	Novem.	Décemb.	Autom. et hiver.	Printemps et été.		
IV	»	»	»	»	»	»	1	1	»	1	»	2	3	1	12	21
V	1	»	1	4	»	2	1	»	3	»	2	»	2	»	11	27
VI	»	1	»	2	2	1	2	2	2	3	2	2	1	»	10	30
VII	»	»	»	1	»	1	»	2	»	»	»	»	»	»	5	9
VIII	2	2	1	1	1	»	»	»	»	1	»	»	1	»	4	13
IX	5	2	»	1	»	2	»	2	2	2	»	5	4	3	12	40
X	»	»	1	1	»	»	»	»	1	2	1	1	1	»	6	14
XI	1	3	5	1	2	1	2	3	3	4	4	4	2	1	12	48
XII	10	3	2	3	3	4	»	4	3	1	1	7	2	»	28	71
XIII	3	2	3	2	3	2	»	»	3	»	2	6	1	»	14	41
XIV	4	2	3	1	2	4	3	2	4	3	4	3	1	2	7	45
XV	»	1	1	»	2	2	2	2	»	2	2	6	»	1	16	37
XVI	11	5	5	7	9	8	2	4	9	3	5	13	3	1	24	109
XVII	19	14	17	12	6	10	12	4	13	3	12	16	»	1	37	176
XVIII	30	25	27	20	16	23	22	17	15	28	26	27	2	3	25	306
	86	60	66	56	46	60	47	43	58	53	61	92	23	13	223	987
	Hiver.... 212			Printemps .. 162			Été... 148			Automne.... 206						

« Le tableau précédent, dit l'auteur, montre une inégalité assez forte dans le degré de fréquence de ces sortes de phénomènes aux différentes époques de l'année.

» L'hiver et l'automne ont conservé la prépondérance qu'un premier essai m'avait fait reconnaître, prépondérance qui s'était maintenue pour treize siècles, en multipliant mes recherches, et que les deux derniers n'ont pas sensiblement altérée. Les autres rapports sont aussi à peu près les mêmes.

» Ainsi je trouve pour

les deux mois de janvier et décembre, au solstice d'hiver.......... 178
— juin et juillet, au solstice d'été.................. 117
— mars et avril, à l'équinoxe du printemps......... 122
— septembre et octobre, à l'équinoxe d'automne..... 111

» Le tableau inséré dans les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, t. XII, p. 1187, en présente, pour

les deux mois de janvier et décembre, au solstice d'hiver.......... 49
— juin et juillet, au solstice d'été.................. 22
— mars et avril, à l'équinoxe du printemps......... 24
— septembre et octobre, à l'équinoxe d'automne..... 32

» Le solstice d'hiver conserve sa prépondérance, mais à un degré moins élevé, et l'équinoxe d'automne est descendu du second rang au dernier. Toutefois le rapport principal, celui des six mois d'hiver et d'automne, avec les six mois du printemps et de l'été, est resté constant, c'est-à-dire que ces six derniers mois n'en présentent pas tout-à-fait les trois quarts des six premiers.

» En effet, dans le premier résumé que je viens de rappeler,

les six mois d'octobre à mars, automne et hiver, en présentaient... 112
— d'avril à septembre, printemps et été................. 79

Or $\frac{3}{4}.112 = 84$, et j'ai trouvé seulement 79.

» Aujourd'hui, pour quinze siècles, de 306 à 1800,

les six mois d'octobre à mars, automne et hiver, en présentent.... 441
— d'avril à septembre, printemps et été............ 323

Or $$\frac{3}{4}.441 = 330,75$$

et je trouve seulement 323.

» En d'autres termes, si l'on représente par 1 le *degré de fréquence* des tremblements de terre pour les six premiers mois, il sera, pour les autres, le nombre 0,73321.

» De même, pour les deux mois des solstices et des équinoxes, si l'on considère les nombres cités plus haut comme pouvant exprimer les degrés relatifs de fréquence des tremblements de terre à ces quatre époques, on aura, en prenant celui des solstices d'hiver comme unité, les nombres suivants :

Décembre et janvier, solstice d'hiver..........	1,
Juin et juillet, solstice d'été..................	0,6573
Mars et avril, équinoxe du printemps..........	0,6855
Septembre et octobre, équinoxe d'automne.....	0,6236

» Enfin, il n'est pas inutile de remarquer encore, que les deux mois au solstice d'hiver (décembre et janvier), en fournissent plus à eux deux que les trois mois d'été pris ensemble, et même que les trois mois du printemps.

» Du reste, en ne considérant que les tremblements de terre qui ont duré ou se sont répétés pendant un certain temps, ceux dont les commotions n'ont pas été momentanées, on arrive aux mêmes conséquences; c'est ce que montre la liste que j'en ai formée et que mon Mémoire renferme. »

GÉOLOGIE. — *Sur les traces de phénomènes diluviens qui s'observent dans les Pyrénées.* — Extrait d'une Lettre de M. **Durocher** à M. *Élie de Beaumont.*

« ..... J'ai examiné avec soin le diluvium des Pyrénées et je l'ai observé dans la plupart des grandes vallées de cette chaîne, celles de l'Ariége, de la Garonne, de l'Adour et des gaves de Barèges, de Cauterets et d'Ossau : je l'ai aussi reconnu du côté de l'Espagne, dans les vallées de la Sègre et de l'Essera. Les phénomènes diluviens m'ont offert partout les trois sortes de faits fondamentaux qui caractérisent le diluvium du Nord et le diluvium alpin, savoir : le polissage des roches accompagné de stries et sillons (1), le transport des blocs erratiques et le dépôt de cailloux roulés sous forme d'amas entassés sur le flanc des vallées, dans leurs parties hautes et sous forme de terrasses horizontales dans les parties basses qui aboutissent à la plaine.

(1) M. Angelot, qui a fait en 1840 un voyage dans les Pyrénées, m'a aussi annoncé qu'il a observé des roches polies et striées dans la vallée de l'Essera, au-dessus de Venasque. (*Note de M. Élie de Beaumont.*)

» Au milieu de ces traits généraux de ressemblance, le diluvium des Pyrénées m'a donné lieu de faire quelques observations particulières que j'ai l'intention de joindre comme appendice au Mémoire que je dois faire sur le diluvium alpin. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le bolide du 9 juin.* — Extrait d'une Lettre de M. **Sauvanau** à M. *Arago*.

« Le 9 juin, à $8^h\,35^m$ du soir (temps moyen), un bolide a traversé le ciel, en suivant la direction du sud-est au nord-ouest : c'était un globe de feu de 10 centimètres environ de diamètre; sa couleur était rouge-blanc; il laissait après lui une traînée de lumière moins intense, offrant quelques solutions de continuité; sa lumière, en se projetant sur la terre, fut assez vive pour que plusieurs personnes la prissent pour un éclair. Sa marche était un peu ondulée : sa vitesse était moindre que celle des étoiles filantes, car il mit 5 secondes à parcourir un espace horizontal de 77° 30'.

» Il ne fut d'abord visible qu'au méridien; il disparut à l'ouest derrière une montagne, après avoir décrit un arc de 77° 30'. Sa hauteur au méridien était de 35 degrés, et lorsqu'il disparut, elle n'était plus que de 14 degrés.

» Je dois ajouter que Saint-Rambert est placé sous 45° 57' 20" de latitude, et 3° 6' 30" de longitude du méridien de Paris.

» Je désire bien ardemment que ces détails puissent concourir à déterminer la hauteur et la direction de ce météore; ce serait un pas de plus pour cette portion de la science si négligée par l'ancienne astronomie »

M. **Dumoulin**, ingénieur géographe spécialement chargé des travaux d'hydrographie dans l'expédition de *l'Astrolabe* et de *la Zélée*, adresse les remarques suivantes relatives à un passage du Rapport sur les résultats scientifiques de ce voyage.

« Dans le Rapport fait à l'Académie par M. Beautemps-Beaupré, rapporteur de la Commission chargée d'examiner les résultats hydrographiques du voyage des corvettes *l'Astrolabe* et *la Zélée* (séance du 11 octobre 1841), il est dit :

« M. Dumoulin a toujours profité avec empressement des matériaux qui
» ont été recueillis à bord de la corvette *la Zélée*, notamment par
» M. *Coupvent-Desbois*, pour augmenter la précision de ces mêmes cartes. »

» C'est avec plaisir que je reconnais combien j'ai été puissamment aidé

dans ma mission hydrographique, par tous les officiers des corvettes *l'Astrolabe* et *la Zélée* et notamment par M. *Coupvent-Desbois* qui voulut bien me remplacer, lorsqu'une maladie grave me laissait dans l'impossibilité de continuer mes services. Mais les matériaux recueillis à bord de la corvette *la Zélée* sont dus au zèle de M. Tardy de Montravel, qui en était spécialement chargé. M. le rapporteur, en citant le nom de M. Coupvent-Desbois, dans cette circonstance, a commis une erreur que ma reconnaissance envers M. *Tardy de Montravel* me fait un devoir de réparer. »

M. **Beautemps-Beaupré** reconnaît que la réclamation est fondée, et annonce qu'une rectification sera faite à ce sujet.

M. **Coulier** écrit relativement à un cas d'amincissement de parois observé dans une chaudière à vapeur aux environs d'une soupape. La partie dans laquelle se produisit cet amincissement, n'avait plus guère que $\frac{1}{10}$ de l'épaisseur primitive. M. Coulier remarque que, malgré cet excessif affaiblissement du métal, la chaudière avait supporté, peu de temps auparavant, l'épreuve de la presse hydraulique.

M. **Geoffroy-Saint-Hilaire** communique l'extrait suivant d'une Lettre qui lui a été adressée par M. *Bourgeois*, médecin à Étampes.

« En faisant une fouille de 10 mètres environ de profondeur derrière le moulin de Chaufour, à Étampes, pour établir les piles d'un des ponts du chemin de fer, on a trouvé à 8 mètres un énorme tronc de chêne noueux et renversé, tenant encore par ses racines à une couche peu épaisse de terre végétale noirâtre; il y avait en outre plusieurs troncs d'aune. Le bois du premier, un peu long, avait conservé toute sa cohésion et toute sa souplesse; il était encore revêtu de son écorce. Le second, d'un rouge d'acajou, était mou, spongieux et sans consistance. Ces arbres étaient recouverts par une assez grande quantité de couches, d'un mètre environ d'épaisseur, et qui évidemment n'avaient jamais été amassées de main d'hommes, d'une terre calcaire grisâtre poreuse, appelée *cornet* dans ce pays. Plusieurs d'entre elles contenaient à leur partie supérieure une masse de roseaux incrustés de ce tuf. Le tissu de ces roseaux a disparu, et est remplacé par un vide dans la substance incrustante. »

En terminant cette communication, M. Geoffroy exprime le regret de ne pouvoir suivre par lui-même, à cause de l'état de ses yeux, un fait qui se rattache aux lieux où il a fait ses premières études d'histoire naturelle.

M. **Démidoff** envoie les tableaux des observations météorologiques faites sur les deux revers de l'Oural pendant le mois de juillet 1841. Cette fois, contrairement à ce qui avait eu lieu jusqu'à présent, la température moyenne de *Nijné* (la station la plus orientale) est inférieure à la température moyenne de *Vicimo*.

A Nijné, le thermomètre au nord et à l'ombre, est monté le 2 juillet 1841 jusqu'à + 40°,6 centig.

Les lunettes binocles sont aujourd'hui fort en usage. Comme lunettes portatives elles avaient le défaut de ne pas rentrer sur elles-mêmes aussi complétement que les lunettes simples, de conserver un volume incommode. MM. **Vila** et **Kœnig** viennent de remédier à cet inconvénient à l'aide d'un mécanisme ingénieux que M. *Arago* a mis sous les yeux de l'Académie.

En construisant la monture de leurs lunettes binocles, MM. Vila et Kœnig ont prévu aussi le cas, moins rare qu'on ne le croit généralement, où les deux yeux des personnes qui doivent s'en servir, n'auraient pas la même portée, le même foyer. L'*un* des objectifs pouvant se mouvoir indépendamment de l'autre, il est toujours possible et facile d'adapter chaque binocle à toutes les natures de vues.

M. **Poiseuille** prie l'Académie de vouloir bien compléter la Commission qui avait été chargée de faire un Rapport sur ses recherches concernant l'écoulement des liquides dans les tubes de très-petits diamètres, cette Commission se trouvant réduite aujourd'hui à un seul membre, par la mort de MM. Savart et Savary.

MM. Regnault et Babinet sont désignés pour faire partie de la Commission.

M. **Lans** écrit relativement à une nouvelle application du principe d'après lequel la moyenne des températures, dans un temps donné, se déduit des indications fournies par un appareil destiné à la mesure du temps. On sait que M. Jürgensen, qui a eu le premier l'idée de cette sorte de thermomètres à moyennes, emploie des chronomètres dans lesquels, par une disposition particulière du compensateur, les variations dans la marche, dépendantes de la température, au lieu d'être annulées comme dans les montres destinées à la mesure du temps, sont au contraire fort agrandies. Ces sortes d'appareils étant nécessairement très-coûteux, M. Lans a pensé qu'on pourrait appliquer aux mêmes usages un appareil qui, avant

l'invention des horloges à rouages, servait aussi à la mesure du temps, le *clepsydre*, dont la marche est aussi nécessairement influencée par les variations de température.

M. **Arago** dépose sur le bureau une lettre qui lui avait été personnellement adressée, et dont le dépôt dans les archives de l'Académie a été demandé depuis par l'auteur, M. *Matthey*.

M. **Berger** adresse deux paquets cachetés. L'Académie en accepte le dépôt.

L'Académie accepte également le dépôt de deux autres paquets cachetés présentés, l'un par M. **Belfield-Lefèvre**, l'autre par M. **Perreymon**.

La séance est levée à 5 heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1841, n° 17, in-4°.

Annales des Mines, tome IX; 2e et 3e liv. de 1841, in-8°.

Traité sur l'Hydrophobie ou Rage; par M. BUISSON; broch. in-4°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome VII, n° 1, in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; tome XXI, 7e et 8e livr., in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse; n° 71; in-8°.

Revue des Spécialités et des Innovations médicales et chirurgicales; septembre 1841; in-8°.

Mémorial. — Revue encyclopédique; septembre 1841; in-8°.

Journal d'Agriculture pratique, de Jardinage et d'Économie domestique; octobre 1841; in-8°.

Journal des Connaissances utiles; octobre 1841; in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques; octobre 1841; in-8°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou; année 1841, n° 3; in-8°.

Contributions... *Recherches pour servir à l'histoire des pluies d'étoiles filantes dans les temps passés; par* M. E.-C. HERRICK; broch. in-8°.

Bericht uber... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin et destinés à la publication;* mai, juin et juillet 1841; in-8°.

Gazette médicale de Paris; t. IX, n° 44.

Gazette des Hôpitaux; n° 129 — 131.

L'Écho du Monde savant; n° 676.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 226.

L'Examinateur médical; nos 18 et 19.

Le Magnétophile; 24 octobre 1841; in-8°.